

SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO - MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

KARTIRANJE STANIŠTA CVJETNICE

Posidonia oceanica

MAPPING OF SEAGRASS *Posidonia oceanica*

HABITATS

SEMINARSKI RAD

Neven Fatuta
Preddiplomski studij biologije
(Undergraduate Study of Biology)
Mentor: doc. dr. sc. Petar Kružić

Zagreb, 2011.

SADRŽAJ

1. UVOD	2
2. O VRSTI <i>Posidonia oceanica</i>	3
3. KARTIRANJE.....	6
3.1. SATELITSKO SNIMANJE.....	6
3.2. AEROFOTO SNIMANJE.....	8
3.3. ULTRAZVU NO (AKUSTI NO) SNIMANJE.....	11
3.4. RONJENJE S AUTONOMNIM RONILA KIM APARATOM.....	14
3.5. SNIMANJE UZ POMO PODVODNE VIDEO KAMERE.....	14
3.6. LASERSKO SNIMANJE.....	6
4. LITERATURA	9
5. SAŽETAK.....	12
6. SUMMARY.....	15

1. UVOD

Kartiranje bentoskih zajednica i staništa je posao koji zahtijeva multidisciplinarnost i suradnju različitih znanosti poput biologije, kemije, geologije te oceanografije. Podaci o tipu dna, topografiji, prisutnim vrstama organizama, količini kisika i sl., potrebni su da bi se stvorila vjerodostojna slika morskog dna. Kako niti jedan način kartiranja, sam za sebe, ne pruža cjelovitu sliku morskog dna, koriste se različite tehnike kartiranja i različiti podaci. Uglavnom je najpoželjnije imati što bolju sliku sa što većom razlučivosti, ali financijska sredstva, vremenski okvir i uvjeti na terenu često ograničavaju mogućnosti kartiranja (NOAA, 2001).

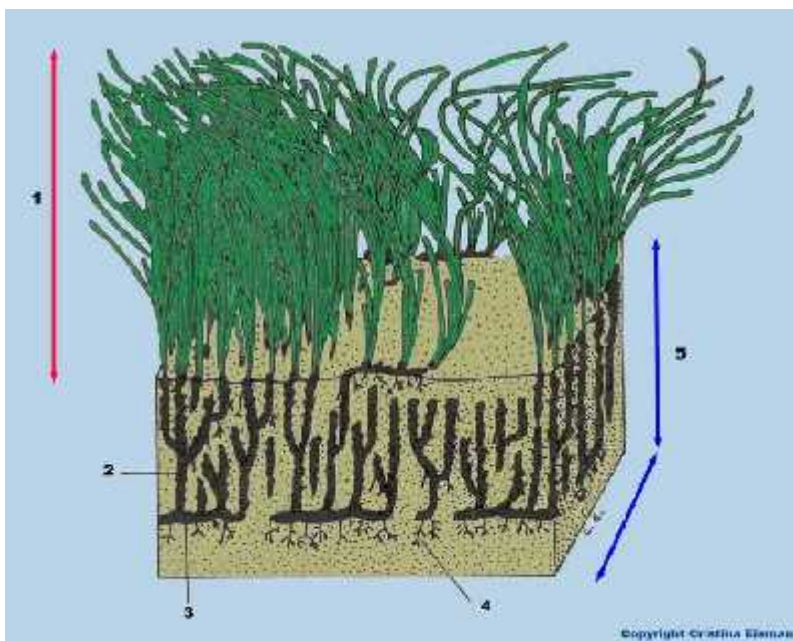
2. O VRSTI *Posidonia oceanica*

Posidonia oceanica (L.) Delile je morska cvjetnica (sjemenjača) endemska za Sredozemlje. Morske cvjetnice su biljke koje su se prilagodile životu u moru, a pripadaju velikoj skupini kritosjemenjača (Angiospermae). Za razliku od algi imaju razvijene organe kao što su korijen, stabljika, list i cvijet. Nastanjuje morsku stepenicu infralitorala, gdje ima obilje svjetlosti. Na pješčanim dnima, s više ili manje mulja, a ponegdje i na kamenu tvori gusta, prostrana naselja koja sežu gotovo od površine do dubine odetrdesetak metara (Sl. 1). Smatra se da ta naselja prekrivaju više od četvrtine fotofilnih područja sredozemnog infralitorala.



Slika 1. Dobro razvijena livada vrste *Posidonia oceanica*
(<http://mediterraneodiving.files.wordpress.com>)

Biljke imaju puzave, položene stabljike (rizome), korijen i ima pri vršene uz podlogu. Pomoću njih se posidonija razmnožava vegetativno, a livada se širi. Iz rizoma se uzdižu izdanci koji nose 4 do 8 listova u snopu; širokih oko 1 cm, pojedini listovi mogu biti i duži od metra (u prosjeku su dugi 30 do 80 cm). Isprepleteni rizomi i uspravni izdanci prava su “zamka” za sediment, koji pomalo zatrpava prostore između njih pa tako nastaju više metara debele naslage isprepletenih rizoma posidonije sa sedimentom u međuprostorima (Sl. 2). Istraživanja su pokazala da rizomi na dnu takvih naslaga mogu biti stari i više tisuć godina.



Slika 2. Prikaz kompleksa rizoma u sedimentu (<http://www.regmurcia.com/>).

Posidonija se najvećim dijelom razmnožava vegetativno rizomima. Rjeđe se razmnožava spolno, cvjetanjem. Cvjetovi posidonije su pojedinačni ili ih je po nekoliko skupljeno u cvat. Duga i ljepljiva peludna zrnca rasprostranjuju se pasivno, nošena morskim strujama. I način rasprostiranja plodova, zbog života u moru, vezan je uz posebne prilagodbe. Kad plodovi (koji oblikom i bojom podsjećaju na masline) dozriju, odvajaju se i zbog građevnog uslova (ispunjenog mjehurićima plina) isplutaju na morsku površinu, pa ih tako vjetar i morske struje mogu raznijeti (Sl. 3). U svakom je plodu jedna sjemenka, koja nakon raspucavanja uslova tone na morsko dno i zakorjenjuje se. Biljke ne cvatu svake godine, a od trenutka cvjetanja do zrelih plodova proteku više mjeseci (Bakran-Petrcić, 2007).



Slika 3. Plodovi posidonije nanešeni na obalu (<http://luisig.altervista.org>).

Važnosti posidonije i njenih livada za život u moru su sljedeće:

- 1) Livade posidonije proizvode velike količine organskog materijala koji predstavlja hranu za mnoge organizme.
- 2) Posidonija raste uglavnom na sedimentnom dnu gdje svojim korijenjem stabilizira podlogu. Njezini listovi služe kao zamka za suspendirani sediment u stupcu vode pa ga ona taloženjem tih čestica pročišćava.
- 3) Svojim dugim listovima i isprepletenim rizomima smanjuje snagu valova i sprječava eroziju obale.
- 4) Livade posidonije su važno stanište različitih vrsta životinja koje tu stalno borave, hrane se, nalaze zaklon od grabežljivaca, razmnožavaju. Listovi su podloga za naseljavanje mnogim sitnim algama, ali i brojnim pokretnim i nepokretnim životinjama. Zbog svega toga biomasa naselja posidonije i raznolikost živog svijeta u njima je jako velika.
- 5) Livade posidonije su pluća mora jer uvelike obogaćuju more kisikom. Jedan četvorni metar livade posidonije proizvede dnevno do 14 litara kisika.

Posidonija raste u području gdje je pritisak ljudskih aktivnosti izrazito velik. Livade sporo rastu i još sporije se obnavljaju pa prirodna obnova tim aktivnostima oštećenih naselja posidonije traje više desetaka godina, što tu vrstu čini posebno osjetljivom i ugroženom. Posebno ih ugrožava ribolov koštom i dinomitom, sidrenje, onečišćenje i gradnja u obalnom području te postavljanje kaveza za uzgoj ribe iznad njih. U Hrvatskoj vrsta *Posidonia oceanica* spada u strogo zaštićenu zavičajnu svojte, a livade koje tvori u ugroženi stanišni tip. (Jakl i sur., 2008, Bakran-Petricioli, 2007)

Upravo je zato važno dokumentirati rasprostranjenost posidonije kako bi se mogle utvrditi konzervacijske mjere za pojedina područja. Prvi korak u tome je kartiranje postojećih livada kao način dobivanja osnovnih podataka za svaki daljnji rad: monitoring i procjena uništavanja ili obnove livada te utvrđivanje faktora odgovornih za promjene stanja u biocenozi livada posidonije (Short i sur., 2006).

3. KARTIRANJE

Bentoske zajednice općenito pa tako i livade posidonije, mogu se kartirati i proučavati korištenjem širokog spektra različitih alata i metoda. Neke od metoda koriste se kako bi se prikazala relativno velika područja (na primjer, reda veličine od nekoliko stotina do više tisuća kvadratnih kilometara). Takve metode nazivamo indirektnim i služe nam za dobivanje opće slike nekog područja koje nam je interesantno. Najpoznatije indirektne metode koje se danas koriste u svijetu su satelitsko snimanje, aerofoto snimanje te akustično tj. ultrazvučno snimanje morskog dna (Kirkman, 1990).

Različite optičke i fizičke metode uzorkovanja omogućavaju znanstvenicima da detaljnije prouče manje dijelove morskog dna. Takve, direktne metode su u prvom redu ronjenje s autonomnim ronilačkim aparatom ili SCUBA ronjenje duž ronilačkih transekata, zatim ronjenje na dah u vrlo plitkim područjima, snimanje uz pomoć daljinski upravljano podvodnog plovila ili neke druge podvodne kamere, lasersko snimanje te uzorkovanje sedimenta i organizama. Direktne metode omogućavaju da se prikupe detaljniji podaci o manjim područjima morskog dna te da se uz pomoć njih kalibriraju i potvrde rezultati indirektnih metoda snimanja. Detaljnije istraživanje potrebno je jer omogućava izradu precizne karte livada posidonije (Stoddart, 1978).

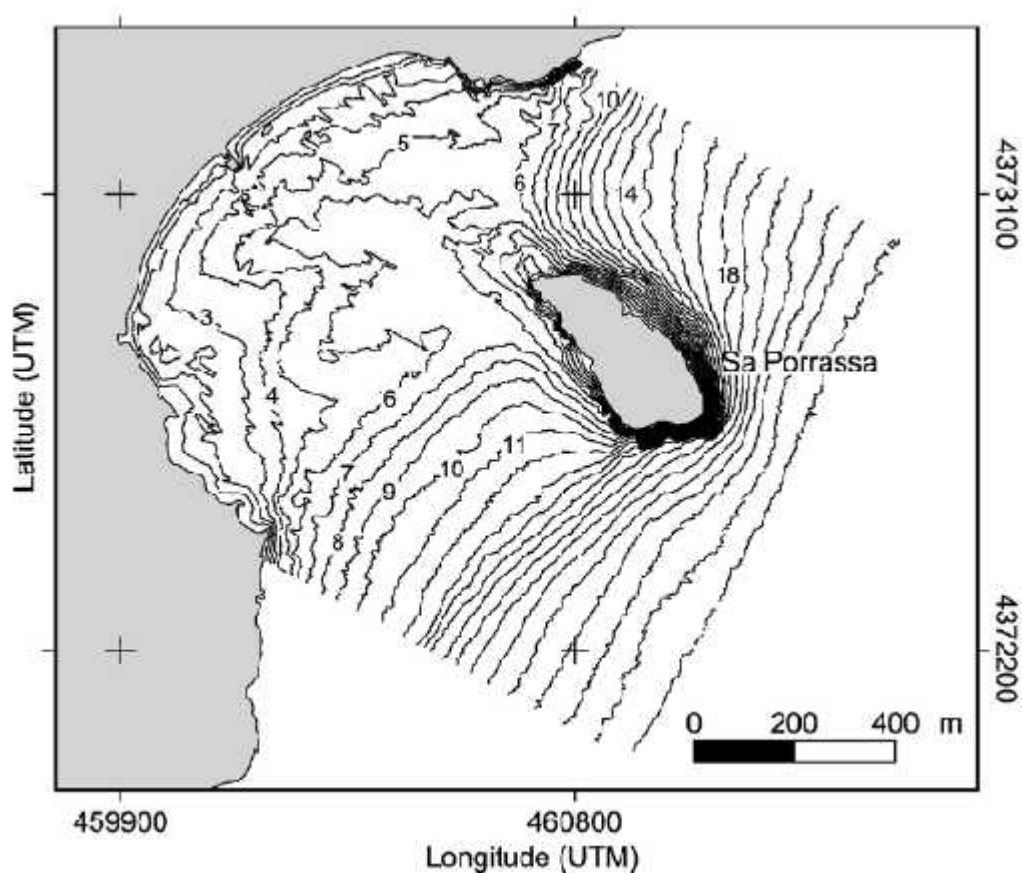
3.1. SATELITSKO SNIMANJE

Sateliti omogućavaju promatranje jako velikih područja Zemlje u vrlo kratkom vremenskom periodu, odnosno, vrlo su efikasni. Satelitski senzori stvaraju sliku Zemlje iz svemira koriste i elektromagnetsko zračenje koje pokriva cijeli niz frekvencija, od radio valova do gama zraka. Elektromagnetsko zračenje sa Sunca ili samog satelita stiže do objekata na površini Zemlje, a dio tog zračenja reflektira se natrag do satelita. Senzori na satelitu mjere valnu duljinu i intenzitet reflektiranog zračenja. Različiti objekti različito reflektiraju zračenje. Na primjer, mirno more ima drugačiju refleksiju nego uzburkano more, kopno se jasno ističe pokraj morske površine i sl. (NOAA, 2001).

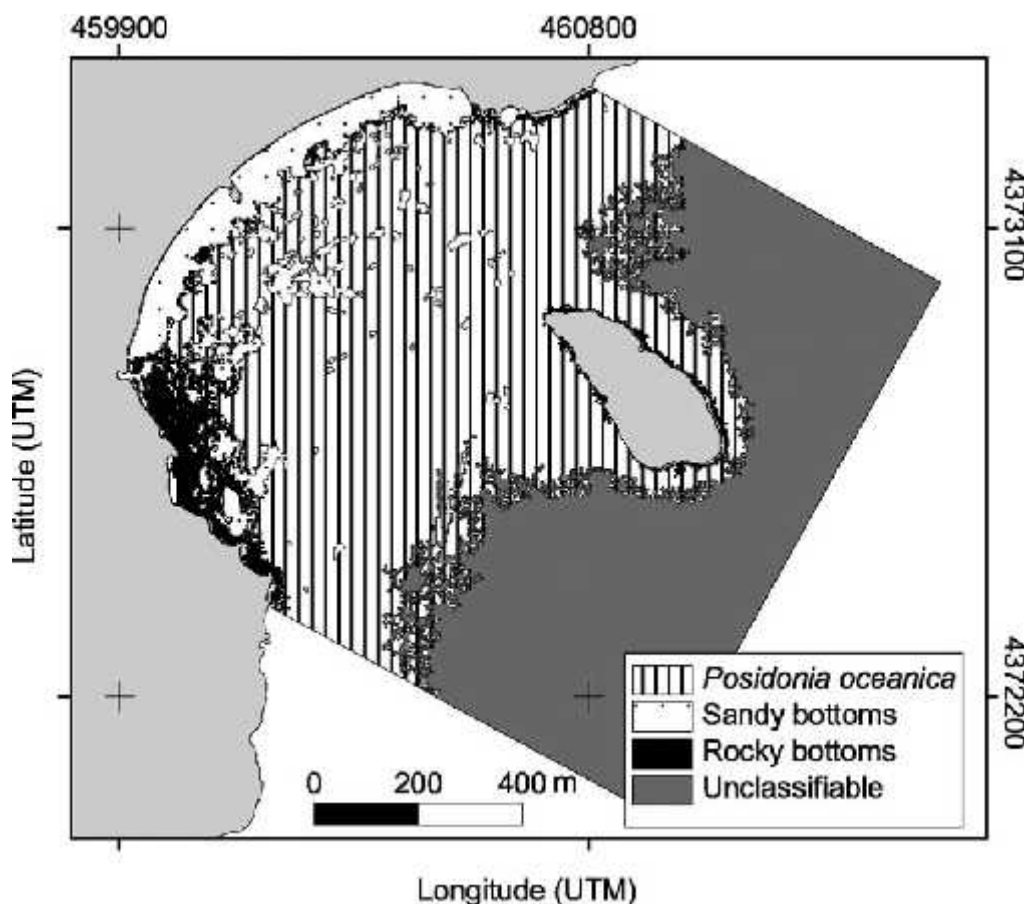
Satelitsko snimanje je povoljno iz razloga jer omogućava snimanje velikih područja uz relativno mali trošak. Međutim satelitske snimke imaju i različite nedostatke. Najveći

problem je mala razlučivost koju standardni uređaji omogućavaju te osjetljivost na okolišne uvjete. Oblaci na nebu, refleksija s površine mora ili uzburkano more često u potpunosti onemogućavaju stvaranje kvalitetne slike (Zainal i sur., 1993).

Nove generacije uređaja za satelitsko snimanje poput sustava IKONOS, prvog komercijalnog satelita koji se koristi za multispektralne snimke površine zemlje u civilne svrhe i to razlučivosti snimaka do 4 metra, pokazale su se vrlo učinkovite za snimanje velikih područja koja zauzimaju naselja morske cvjetnice *Posidonia oceanica*. Sustav funkcionira tako da se u navedenim fotografijama pojedini pikseli koji predstavljaju određenu površinu automatski kompjuterskom obradom klasificiraju u četiri (ili više) kategorije: pijesak, kamen, *Posidonia oceanica* i neklasificirani pikseli (Sl. 5). Kasnijom verifikacijom dobivenih podataka utvrđeno je da se satelitske snimke uz točnost od 84% (u usporedbi s akustičnim tj. ultrazvučnim snimanjem dna) mogu koristiti samo do dubine od 15 metara i to u bistrijem moru (Sl. 4). Livade posidonije na već ojoj dubini ne daju dovoljnu spektralnu razliku da bi ih satelit mogao očitati (Fornes i sur., 2006).



Slika 4. Batimetrija snimanog područja (Fornes i sur., 2006).



Slika 5. Snimano područje nakon kompjutorske obrade slike i klasificiranja pojedinih piksela u četiri kategorije (Fornes i sur., 2006).

3.2. AEROFOTO SNIMANJE

Kartiranje uz pomoć aerofoto snimaka koristi se već niz godina, ali tek u posljednje vrijeme je zbog napredaka u tehnologiji doživjelo punu primjenu. Aerofoto snimanje je vrlo koristan i učinkovit alat za kartiranje zajednica unutar fotografske zone pa tako i livada posidonije. Neki od podataka koji se mogu dobiti korištenjem aerofoto snimaka su prostorni raspored zajednica, fragmentacija staništa i slično. Nešto je teže utvrditi kvalitetu zajednice, njeno stanje i sastav vrsta te vrstu sedimenta na morskom dnu. Jedno od staništa koja se mogu učinkovito odrediti uz pomoć aerofoto snimaka su upravo naselja morskih cvjetnica tj. livade posidonije (NOAA, 2001).

Metoda aerofoto snimanja u osnovi je slična metodi satelitskog snimanja. Aerofoto snimke se najčešće snimaju iz zrakoplova i taj način snimanja je najpouzdaniji. U novije vrijeme aerofotografije se snimaju iz balona punjenih helijem ili sličnih malih zračnih plovila što je jeftinije, ali još uvijek je takav način snimanja u eksperimentalnoj fazi. Zrakoplovi su

opremljeni senzorima koji najčešće pružaju nešto detaljnije informacije nego satelitski senzori. Fotografske kamere montirane su ispod zrakoplova te primaju informacije o objektima koje zrakoplov preleti, fotografije se zatim kompjuterski obrađuju te pikseli klasificiraju u kategorije na željeni način. Snimanje uz pomoć zrakoplova često je prvi korak u mnogim projektima kartiranja livada posidonije, ali i bentoskih zajednica općenito i to upravo zbog velike razlučivosti koju takav način kartiranja pruža (Sl. 6) (NOAA, 2001).



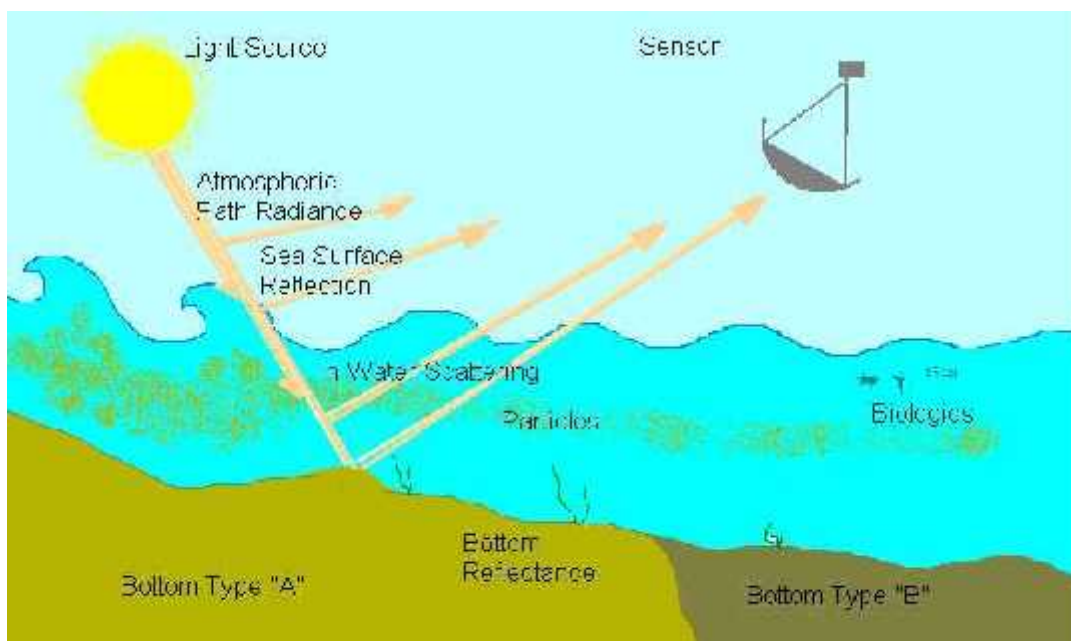
Slika 6. Tipična aerofotografija koja se koristi u svrhe kartiranja. Čak i bez kompjutorske obrade zajednice posidonije lako su prepoznatljive golim okom kao tamna područja.

Prednosti aerofoto snimanja kao načina kartiranja nad drugim indirektnim metodama;

- visoka prostorna rezolucija,
- prostorna rezolucija može se prilagođavati ovisno o potrebama i postavljenom cilju istraživanja,
- istraživanje je moguće provesti onda kada su okolišni uvjeti optimalni, let se može planirati i obaviti u željenom godišnjem periodu,
- s aerofoto snimkama lako se manipulira, naročito ako su u digitalnom obliku,

- Iako se uklapa u prostorne planove i planove gospodarenja određenim prostorom jer prikazuje vjernu sliku određenog područja (Orth i sur., 1991).

Osim navedenih prednosti koje su bitne za aerofoto snimke, prisutni su i određeni nedostaci. To je u prvom redu cijena. Snimanje aerofotografije je u pravilu skupo i potrebno je snimiti više desetaka odvojenih slika kako bi se dobila cjelovita slika nekog područja. Nedostatak svjetlosti može biti problem za tumačenje nešto dubljih i zamršenijih područja. Kao i kod satelitskog snimanja, nedostaci aerofoto snimanja dolaze do izražaja u uvjetima nemirnog mora, neželjene refleksije s morske površine i oblačnog vremena pri čemu oblaci zaklanjaju objekte koje želimo snimiti (Sl. 7) (Short i Coles, 2001).



Slika 7. Raspršivanje i smetnje u atmosferi, refleksija na valovitoj površini mora i prozirnost mora kao najčešće smetnje u dobivanju kvalitetne aerofotografije (Smith i sur., 2000).

Današnja tehnologija aerofoto snimanja ide u pravcu da se daljinsko snimanje iz zraka olakša, da postane jeftinije, dostupnije i lakše za korištenje krajnjim korisnicima, kao npr. znanstvenicima koji iz aerofoto snimaka izrađuju detaljne karte bentoskih zajednica (NOAA, 2001).

3.3. ULTRAZVUKOM (AKUSTIKOM) SNIMANJE

Mnoge bentoske zajednice ne mogu se učinkovito kartirati iz zraka. Prvenstveno su to zajednice na većim dubinama u koje spadaju i livade posidonije koje u bistrim morima mogu

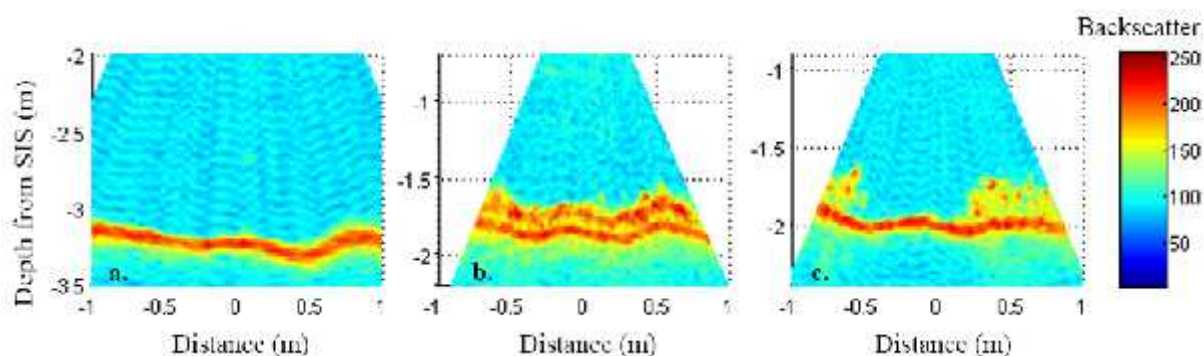
biti raširene i do dubine od oko 40 metara. Problem za snimke iz zraka također nastaje na područjima gdje je more uzburkano, mutno te na ostalim područjima gdje svjetlost iz različitih razloga ne stiže do morskog dna pa se s toga svjetlosni signal ne može vratiti do uređaja na zrakoplovu ili satelitu. Pod morem se u takvim uvjetima mogu koristiti zvučni signali. Uz pomoć zvuka različitih frekvencija može se dobiti slika morskog dna. Većina sustava koji koriste zvuk kao način stvaranja slike montirana je na plovilo (Sl. 8), isto na dno ili na dodatni uređaj uz pomoć kojeg se povlači iz plovila.



Slika 8. Akustična oprema montirana na bok broda (Stevens i sur., 2008).

U pravilu se za kartiranje uz pomoć zvuka koriste već i brodovi i to zbog složene opreme koja je potrebna za takva istraživanja. Batimetrijska istraživanja koja koriste zvučne odašiljače s jednom ili više zraka provode se za dobivanje slike morskog dna nekih opsežnijih morskih područja. Na taj način stvara se slika dna na kojoj se sa velikom točnošću mogu identificirati izmeci u ostalim livadama posidonije. Nove tehnologije postižu sve više u razlučivost i pomoću njih moguće je stvoriti vrlo detaljne karte morskog dna (NOAA, 2001). Ultrazvučni dubinomjer s bočnim širokim snopom ili panoramski dubinomjer (Side Scan Sonar) jedan je od takvih uređaja pomoću kojeg se grafički snima morsko dno uz detekciju određenih predmeta na njegovoj površini (preuzeto s <http://www.hhi.hr/hr/odjeli/oco/geologija.htm>).

Panoramski dubinomjer je uređaj koji pruža visoku razlučivost i kvalitetu slike koja se približava kvaliteti fotografije. On posjeduje odašiljače na svojim bočnim stranama koji šalju zvučne signale pod određenim kutom do morskog dna. Nakon što se signal odbije od površine dna ili nekog objekta na dnu, senzor ga prima i prenosi do uređaja za detekciju signala. Zvučni signal se pretvara u grafički te se ispisuje na papiru ili se pohranjuje u računalu za daljnju obradu. Uz pomoć ultrazvuknog dubinomjera moguće je razlikovati mulj, fini pijesak, pještane brazde ili zabilježiti uzdignuta i kanjone na vrstom dnu kao i naselja morskih cvjetnica. Stijene ili vrsti metalni objekti reflektiraju signale, dok se pijesak i mulj daju slabiji signal te različitim kombinacijama boja nastati slika koja se naziva sonogram (Sl. 9). Panoramski dubinomjeri korisni su za snimanje većih područja morskog dna i to na različitim dubinama. Sustavi s manjom frekvencijom odašiljanja signala (oko 100 kHz) koriste se za snimanje prostranih područja bez mnogo detalja. Sustavi s većom frekvencijom (300 kHz i više) se koriste da bi detaljnije snimili područja od interesa. Neki od sustava koji rade na visokim frekvencijama mogu razlikovati objekte na površini morskog dna koji su manji i od 10 centimetara. (NOAA, 2001).



Slika 9. Tri sonograma na kojima se jasno mogu očitati golo dno, kontinuirana livada posidonije i fragmentirana livada posidonije (Lefebvre i sur., 2009).

Ipak, kada je riječ o kartiranju livada posidonije ali i naselja ostalih morskih cvjetnica, točnost rezultata varira, naročito u područjima gdje su livade fragmentirane, rastu u manjim "otocima" ili na njihovim rubovima. U istraživanjima u kojima su rezultati dobiveni sonarom verificirani video zapisom istih područja, postignuta je točnost akustičnih rezultata od 74% na kontinuiranoj livadi te samo 43% na fragmentiranim područjima. Naravno, ta točnost može se povećati poboljšanjima na softveru tj. kompjutorskoj obradi sonarom dobivenih podataka kako bi pravilnije prepoznali posidoniju čak i u tako fragmentiranim oblicima naselja (Stevens i sur. 2008).

3.4. RONJENJE S AUTONOMNIM RONILA KIM APARATOM

SCUBA ronjenje je u pravilu zahtjevno i opasno te na prvom mjestu mora biti sigurnost ronilaca. Također, rad pod morem je ograničen i uglavnom se svodi na oko sat vremena dnevno (Bakran-Petricioli, 2007). Ronjenje je također i skupo pa je s toga jasno zbog čega se veliki trud ulaže u razvijanje metoda kartiranja koje će biti brže i učinkovitije. Ronjenje je uglavnom neophodno kao metoda kojom se potvrđuju rezultati neizravnih mjerenja te kao metoda kalibracije instrumentalnih metoda (Sl. 10) (Piazzini i sur., 2000).



Slika 10. Ronilac na transektu, izrađenom od užeta dugog 200 metara s oznakama u razmaku od 10 metara, postavljenom na morskom dnu bilježi vrijeme i dubinu zarona pomoću ronilačkog računala te sva mjerenja zapisuje na ronilačku pločicu.

3.5. SNIMANJE UZ POMOĆ PODVODNE VIDEO KAMERE

Podvodno snimanje često se koristi u kartiranju i utvrđivanju stanja livada posidonije. Najčešće se koriste daljinski upravljana podvodna plovila (Sl. 11) i video kamere koje se povlače kroz vodu (Sl. 12). Podvodno snimanje koristi se u različitim uvjetima te ga je ovisno o modelu sustava moguće upotrebljavati u mutnom kao i u iznimno prozirnom moru (Norris i sur., 1997).



Slika 11. Daljinski upravljano podvodno plovilo izrađuje video zapis livade posidonije duž zadanog transeкта.

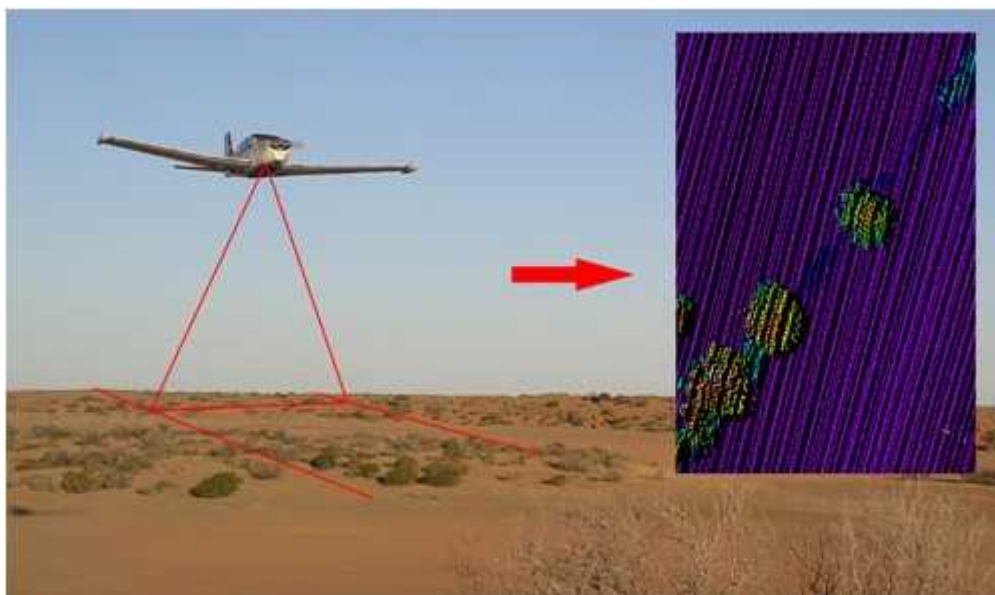


Slika 12. Osnovne komponente podvodnog video sustava za kartiranje koji se povlači kroz vodu (Stevens i sur., 2008).

Brojne su prednosti koje pruža podvodno snimanje. Ukoliko je dostupan sustav za podvodno snimanje, ronila ki pregled nekog područja može se izostaviti. To uvelike ubrzava kartiranje i smanjuje cijenu, a osim toga može se koristiti i na mjestima koja su za ronioce nedostupna ili opasna. Nakon što se određeno područje snimi, zapis se pohranjuje i on je trajan. Time se može izbjeći mogućnost da je ronilac nešto izostavio ili zaboravio te se postiže veća objektivnost pri tumačenju podataka. Pri interpretaciji aerofoto snimaka, korisno je snimiti područje i podvodnim kamerama kako bi detaljnije mogli ustanoviti stanje određenih zajednica i eventualno sastav vrsta. Snimanje znatno olakšava interpretaciju područja koja su na snimci nejasna, mutna ili prekrivena oblacima (Norris i sur., 1997).

3.6. LASERSKO SNIMANJE

Sustavi za lasersko snimanje morskog dna poput sustava LIDAR (Light detection and ranging) koriste se u prvom redu za dobivanje detaljnije slike terena, a manje za utvrđivanje bentoskih zajednica. To je koristan alat koji stvara vrlo precizne modele terena te se oni koriste u GIS informacijskim sustavima pri stvaranju karata. (Sl. 13) Princip djelovanja sustava laserskog snimanja sličan je kao i u radarskom sustavu koji koristi radio valove. Ovdje se pak radi o emitiranju laserskim pulsevima koji se odbijaju od podloge te se na temelju vremenskog intervala između emisije i detekcije odbijenog signala može utvrditi udaljenost (NOAA, 2001).



Slika 13. Primjer zapisa dobivenog laserskim snimanjem terena pomoću aviona (<http://www.lidar.com.au/>).

Kako se radi o sustavu koji s velikom preciznoš u kartira morsko dno, postignuta je i velika preciznost u kartiranju livada posidonije, kontinuiranih i fragmentiranih. U nedavnom istraživanju rezultati dobiveni laserskim kartiranjem (pješane podloge, kontinuirane livade i fragmentirane livade) potvrđeni su kao potpuno točni nakon verifikacije video zapisom, no radi se o mjerenjima na malim dubinama od svega 0.8 do 4.3 metra. Razlozi nemogućnosti upotrebe laserskog sustava u kartiranju livada posidonije na većim dubinama su osnovne mane tog sustava: atenuacija tj. neprodiranje svjetlosti laserske zrake u većine dubine (ulogu ima i prozirnost mora) kao i njezin povratak te valovi na površini mora koji uzrokuju skretanje laserske zrake i remete njezin normalan povratak što predstavlja najveći problem za upotrebu tog sustava u kartiranjuorskog dnaopćenito. Kako posidonija može tvoriti livade do oko 40 metara dubine, zbog tih mana lasersko snimanje još nije pronašlo svoju intenzivnu primjenu u kartiranju naselja te vrste (Smith i sur., 2000).

4. LITERATURA

Bakran-Petricioli, T., 2007. Morska staništa – Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja (serija Biološka raznolikost Hrvatske; ISBN 978-953-7169-31-2). Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 56 str. + 102 str. priloga

Fornes, A., Basterretxea, G., Orfila, A., Jordi, A., Alvarez, A., Tintore, J., 2006. Mapping *Posidonia oceanica* from IKONOS. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 60 (5), 315-322.

Jakl, Z., Bitunjac, I., Plepel, I., Plesli, G., 2008. Priručnik za inventarizaciju morskih vrsta Jadrana, Udruga za prirodu, okoliš i održivi razvoj Sunce, Split, 26-28.

Kirkman, H., 1990. Seagrass distribution and mapping. U: Phillips, R.C., Mc Roy, C.P. (Urednici), Seagrass Research Methods. Monographs on oceanographic methodology, UNESCO, 19-25.

Lefebvre A., Charlotte E.L., Thompson C. E. L., Collins K. J., Amos C. L., 2009. Use of a high-resolution profiling sonar for seagrass detection. National Oceanography Centre, Southampton, University of Southampton Waterfront Campus, European Way, Southampton SO14 3ZH, United Kingdom.

NOAA (US National Oceanic and Atmospheric Administration, Coastal Services Center), 2001. Guidance for Benthic Habitat Mapping: An Aerial Photographic Approach, Technology Planning and Management Corporation, Charleston, SC, USA.

Norris, J. G., Wyllie-Echeverria, S., Mumford, T., Bailey, A., Turner, T., 1997. Estimating Basal Area Coverage of Subtidal Seagrass Beds Using Underwater Videography. Aquatic Botany. 58(3,4), 269-287.

Orth R. J., Ferguson, R. L., Haddad, K. D., 1991. Monitoring Seagrass Distribution and Abundance Patterns. Coastal Wetlands, Coastal Zone '91 Conference. Long Beach, CA, American Society of Civil Engineers, 281-300.

Piazzzi, L., Acunto, S., Cinelli, F., 2000. Mapping of *Posidonia oceanica* beds around Elba Island (western Mediterranean) with integration of direct and indirect methods. *Oceanologica Acta* 23, 339-346.

Short, F.T., Coles, R.G., 2001. *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier, Amsterdam, 482

Short, F.T., McKenzie, L.J., Coles, R.G., Vidler, K.P., Gaeckle, J.L. 2006. *SeagrassNet Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat*, Worldwide edition. University of New Hampshire Publication, 75 p.

Smith, R.A., Irish, J.L., Smith, Michael Q. 2000. *Airborne Lidar and Airborne Hyperspectral Imagery: A Fusion of Two Proven Sensors for Improved Hydrographic Surveying*, Naval Oceanographic Office Stennis Space Center, Mississippi, 10 p.

Stevens, A.W., Lacy, J.R., Finlayson, D.P., Gelfenbaum, G., 2008, Evaluation of a single-beam sonar system to map seagrass at two sites in northern Puget Sound, Washington: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008-5009, 45 p.

Stoddart, D.R., 1978. Mapping reef and islands. U: Stoddart, D.R., Johannes, R.E. (Urednici), *Coral Reefs Research Methods. Monographs on Oceanographic Methodology*, UNESCO, 17-22.

Zainal, A., Dalby, D., Robinson, I., 1993. Monitoring Marine Ecological Changes on the East Coast of Bahrain with Landsat TM, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 59 (3), 415-421.

<http://www.hhi.hr/hr/odjeli/oco/geologija.htm>

<http://www.lidar.com.au/>

<http://luirig.altervista.org>

<http://mediterraneodiving.files.wordpress.com>

<http://www.regmurcia.com>

5. SAŽETAK

Posidonia oceanica (L.) Delile, morska cvjetnica (sjemenjača) endemska za Sredozemlje, veoma je važan dio morskog ekosustava. Nastanjuje morsku stepenicu infralitorala gdje tvori guste livade koje zbog raznolikosti i broja živih bitaka u njima te geološkog i biološkog utjecaja na okoliš nazivamo biocenozama naselja vrste *Posidonia oceanica*. Posidonija je kao primarni producent, uz alge i fitoplankton, važan proizvođač organskog materijala i kisika te kao takva predstavlja temeljni dio morskih hranidbenih lanaca. Zbog ugroženosti posidonije ljudskim aktivnostima (onečišćenje, ribolov, sidrenje, gradnja) iznimno je važno dokumentirati njenu rasprostranjenost kako bi se mogle utvrditi konzervacijske mjere za pojedina područja i zaštititi tu bitnu sastavnicu morskog ekosustava. Prvi korak u tome je kartiranje postojećih livada kao način dobivanja osnovnih podataka za svaki daljnji rad. U ovom seminaru obrađene su najčešće metode kartiranja posidonije, njihove prednosti i mane te princip rada svake od njih. Indirektne metode u koje spadaju satelitsko snimanje, aerofoto snimanje te akustično tj. ultrazvučno snimanje morskog dna koriste se kako bi dobili općenite slike relativno velikih područja od interesa. Direktne metode kao ronjenje s autonomnim ronilačkim aparatom ili SCUBA ronjenje duž ronilačkih transekata, ronjenje na dah u vrlo plitkim područjima, snimanje uz pomoć daljinski upravljano podvodnog plovila ili neke druge podvodne kamere te lasersko snimanje omogućavaju znanstvenicima da prikupe detaljne podatke o manjim dijelovima morskog dna. Također, takve metode su neophodne u kalibriranju i potvrđivanju rezultata indirektnih metoda.

6. SUMMARY

Posidonia oceanica (L.) Delile, a flowering plant endemic to Mediterranean Sea, is a very important part of marine ecosystem. It inhabits the infralittoral zone where it forms dense meadows which are for the large number and diversity of creatures in them and for geological and biological impact on the environment called *Posidonia oceanica* biocenoses. As a primary producer, along with algae and phytoplankton, *Posidonia* is important for producing large amounts of organic material and oxygen and as such represents a fundamental part of marine food chains. Because of the threat human activities (pollution, fishing, anchoring, construction) present to *posidona*, it is very important to document its distribution which is then used to establish conservation measures for certain areas, thus protecting that essential component of the marine ecosystem. The first step in this is mapping the existing meadows as a way of obtaining the basic data for each following research and activity. This work deals with the most common methods of mapping *posidonia*, their advantages and disadvantages and working principle of each. Indirect methods, which include satellite imagery, aerial photography and sonar mapping are used to get a general picture of relatively large areas of interest. Direct methods such as diving with scuba equipment along the transect, snorkeling in very shallow areas, using remotely operated vehicles (ROV) or some other method to make an underwater video recording and airborne laser mapping enable scientists to gather detailed information on smaller seabed areas. Also, such methods are necessary to calibrate and confirm the results of indirect methods.